

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam suatu ekosistem, interaksi mangsa dan pemangsa merupakan salah satu hubungan antarspesies yang dapat memengaruhi dinamika populasi. Salah satu model matematika yang menjadi dasar dalam menggambarkan interaksi mangsa dan pemangsa adalah model Lotka-Volterra. Model tersebut menggambarkan dinamika dua populasi yang saling berinteraksi, yaitu populasi mangsa dan pemangsa dengan asumsi kedua populasi dalam keadaan sehat. Namun pada kehidupan nyata, tidak semua populasi dalam keadaan sehat karena adanya penyebaran penyakit. Oleh karena itu dikembangkan kajian eko-epidemiologi yang menggabungkan interaksi mangsa-pemangsa dengan dinamika penyebaran penyakit.

Adanya penyakit yang menyerang populasi mangsa dapat memengaruhi dinamika sistem mangsa-pemangsa. Dalam model eko-epidemiologi, populasi mangsa umumnya dibagi menjadi mangsa rentan dan mangsa terinfeksi sehingga proses penularan penyakit dapat dianalisis bersama dengan interaksi pemangsaan. Berdasarkan kajian Gomez-Hernandez dkk. mengenai eko-epidemiologi, model yang banyak digunakan mempertimbangkan pertumbuhan logistik pada mangsa, adanya penularan penyakit pada populasi mangsa dengan struktur epidemiologi *Susceptible-Infected* (SI), dan fungsi respons Holling Tipe II [1]. Hal tersebut menunjukkan bahwa mekanisme penyebaran penyakit merupakan salah [2] satu komponen penting dalam pengembangan model mangsa-pemangsa.

Penelitian mengenai penyebaran penyakit pada sistem mangsa-pemangsa telah dikembangkan dalam berbagai bentuk. De Jesus dkk. mengembangkan model eko-epidemiologi dengan fungsi respons umum untuk menggambarkan interaksi pemangsa terhadap mangsa. Penelitian tersebut menganalisis kondisi persistensi dan kepunahan mangsa terinfeksi [2]. Selain itu, Pal dkk. mengembangkan model eko-epidemiologi dengan membagi populasi menjadi mangsa rentan dan mangsa

terinfeksi menggunakan skema *SI*. Penelitian tersebut juga mengkaji pengaruh strategi pemangsa terhadap dinamika penyebaran penyakit dan kestabilan sistem [3].

Selain penyebaran penyakit, banyak faktor yang dapat memengaruhi hubungan antara mangsa dan pemangsa. Keberadaan perlindungan mangsa (*prey refuge*) menyebabkan sebagian mangsa terhindar dari pemangsaan sehingga tekanan predasi terhadap populasi mangsa berkurang. Firdiansyah mengembangkan model eko-epidemiologi dengan memasukkan *prey refuge* dan pemanenan serta menggunakan fungsi respons Holling Tipe III. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlindungan dan pemanenan dapat memengaruhi kestabilan sistem serta menyebabkan terjadinya bifurkasi Hopf pada kondisi tertentu [4].

Pemanenan juga merupakan salah satu faktor yang dapat digunakan untuk mengendalikan jumlah populasi dalam model mangsa-pemangsa. Pemanenan terhadap mangsa dapat mengurangi jumlah individu mangsa dan secara tidak langsung memengaruhi ketersediaan makanan bagi pemangsa. Hassan dkk. mengembangkan model eko-epidemiologi dengan memasukan faktor pemanenan dan penyakit pada populasi mangsa. Penelitian tersebut menganalisis pengaruh parameter pemanenan terhadap dinamika dan kestabilan titik kesetimbangan interior [5]. Pal dkk. juga mempertimbangkan pemanenan dan perlindungan mangsa dalam model eko-epidemiologi serta mengkaji perannya terhadap penyebaran dan pengendalian penyakit [3].

Di sisi lain, pemangsa tidak selalu bergantung pada satu jenis mangsa sebagai sumber makanan. Ketika jumlah mangsa utama berkurang atau sebagian mangsa memperoleh perlindungan, pemangsa dapat memanfaatkan sumber makanan lain yang tersedia di lingkungan. Sumber tersebut disebut sebagai makanan alternatif (*alternative food*). Arancibia-Ibarra dkk. mengembangkan model Holling-Tanner dengan sumber makanan alternatif bagi pemangsa dan menunjukkan bahwa keberadaan makanan alternatif dapat memengaruhi dinamika sistem [6]. Cortes Garcia dan Vera Cuenca juga mengkaji pengaruh makanan alternatif terhadap pola konsumsi pemangsa pada model Leslie-Gower dengan *prey refuge* dan fungsi respons Holling Tipe II. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa keberadaan

makanan alternatif dapat mengubah pola konsumsi pemangsa dan dinamika sistem [7].

Perlindungan dan makanan alternatif juga telah dikaji secara bersamaan. Rohmatunnisa dkk. mengembangkan model tiga spesies mangsa-pemangsa dengan mempertimbangkan *Allee effect*, refugia, dan makanan alternatif. Interaksi antar populasi pada model tersebut menunjukkan bahwa refugia dan makanan alternatif dapat memengaruhi dinamika populasi pada sistem [8].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, penyebaran penyakit, perlindungan mangsa, pemanenan, dan makanan alternatif telah dikaji dalam berbagai model mangsa-pemangsa. Namun, penelitian Pal dkk. yang menjadi salah satu dasar penelitian ini berfokus pada penyakit mangsa dengan perlindungan mangsa, pemanenan, dan strategi *predator switching* [3], sedangkan makanan alternatif belum menjadi bagian utama dalam model tersebut. Di sisi lain, penelitian mengenai makanan alternatif umumnya membahas dinamika mangsa-pemangsa tanpa memasukkan mekanisme penyebaran penyakit pada mangsa secara bersamaan. Dengan demikian, terdapat peluang untuk mengembangkan model yang menggabungkan penyebaran penyakit pada mangsa, perlindungan dan pemanenan pada mangsa rentan, serta sumber makanan alternatif bagi pemangsa dalam satu sistem.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengembangkan model eko-epidemiologi yang terdiri atas tiga kompartemen, yaitu mangsa rentan $S(t)$, mangsa terinfeksi $I(t)$, dan pemangsa $Y(t)$. Penyakit hanya terjadi pada populasi mangsa dan dimodelkan menggunakan skema *Susceptible-Infected* (SI). Penelitian ini dilakukan dengan judul “Analisis Model Eko-Epidemiologi Mangsa-Pemangsa dengan Perlindungan dan Pemanenan Mangsa Rentan serta Sumber Makanan Alternatif bagi Pemangsa”.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada pembahasan masalah diatas ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana konstruksi model eko-epidemiologi pada analisis mangsa-pemangsa dengan perlindungan dan pemanenan mangsa rentan serta sumber makanan alternatif bagi pemangsa?
2. Bagaimana kestabilan dari titik kesetimbangan model eko-epidemiologi pada analisis mangsa-pemangsa dengan perlindungan dan pemanenan mangsa rentan serta sumber makanan alternatif bagi pemangsa?
3. Bagaimana bilangan reproduksi dasar (R_0) dari model yang telah dikonstruksi?
4. Bagaimana hasil analisis sensitivitas parameter-parameter model terhadap bilangan reproduksi dasar (R_0)?
5. Bagaimana simulasi dan hasil interpretasi dari model eko-epidemiologi pada analisis mangsa-pemangsa dengan perlindungan dan pemanenan mangsa rentan serta sumber makanan alternatif bagi pemangsa?

1.3. Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan dalam pembahasan masalah ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Model matematika ini melibatkan populasi mangsa dan populasi pemangsa dimana populasi mangsa dikelompokkan menjadi 2 kompartemen, yaitu mangsa rentan $S(t)$ dan mangsa terinfeksi $I(t)$, dan pemangsa $Y(t)$, dengan total populasi mangsa adalah $N = S(t) + I(t)$
2. Setiap kompartemen bergantung pada waktu (t).
3. Pertumbuhan populasi mangsa rentan mengikuti pertumbuhan logistik.
4. Penyakit hanya menyerang populasi mangsa dan tidak menular kepada pemangsa.

5. Mangsa terinfeksi tidak menjadi sumber makanan bagi pemangsa. Oleh karena itu, interaksi predasi dengan fungsi respons Holling Tipe II hanya terjadi antara populasi pemangsa dan populasi mangsa.
6. Pemangsa memperoleh sumber makanan alternatif yang dinyatakan dengan parameter θ , sehingga keberadaan makanan alternatif mengurangi tingkat pemangsaan terhadap mangsa utama.
7. Perlindungan mangsa diasumsikan konstan dengan parameter m , yaitu sebagian mangsa rentan terlindungi dari pemangsaan.
8. Pemanenan hanya dilakukan terhadap populasi mangsa rentan.
9. Semua parameter model diasumsikan bernilai positif dan konstan dalam periode pengamatan.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah

1. Membuat konstruksi model eko-epidemiologi pada analisis mangsa-pemangsa dengan perlindungan dan pemanenan mangsa rentan serta sumber makanan alternatif bagi pemangsa.
2. Menganalisis kestabilan dari titik kesetimbangan model eko-epidemiologi pada analisis mangsa-pemangsa dengan perlindungan dan pemanenan mangsa rentan serta sumber makanan alternatif bagi pemangsa.
3. Menentukan bilangan reproduksi dasar (R_0) dari model yang telah dikonstruksi.
4. Mengetahui analisis sensitivitas parameter-parameter model terhadap bilangan reproduksi dasar (R_0).
5. Mengetahui simulasi dan hasil interpretasi model eko-epidemiologi pada analisis mangsa-pemangsa dengan perlindungan dan pemanenan mangsa rentan serta sumber makanan alternatif bagi pemangsa.

1.5. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam skripsi untuk membantu dalam penelitian ini adalah:

1. Studi Literatur

Tahap studi literatur ini adalah tahapan mencari referensi yang dibutuhkan untuk mendukung tugas akhir yang berkaitan dengan model matematika dan variabel kontrol yang akan dikonstruksikan. Studi literatur ini diperoleh dari buku, jurnal, artikel, dan lain sebagainya.

2. Analisis

Pada tahap ini penulis melakukan analisis kestabilan, meliputi mengkonstruksi model, lalu dari model yang telah dikonstruksikan dilakukan analisis dengan mencari kestabilan menggunakan titik kesetimbangan, dan eksistensi dari titik kesetimbangan, nilai bilangan reproduksi dasar, dan juga analisis sensitivitas.

3. Simulasi

Pada tahap ini penulis melakukan simulasi numerik dengan data sesuai dengan syarat-syarat yang ada. Data diperoleh dari hasil analisis untuk dapat menginterpretasikan hasil dari simulasi numerik.

1.6. Sistematika Penulisan

Pada penelitian ini terdapat lima bab yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan penjelasan mengenai teori-teori yang menjadi landasan pada pembahasan topik masalah yang dijelaskan. Adapun yang dibahas pada landasan teori ini meliputi Pemodelan matematika, Ekologi, Epidemiologi, Eko-Epidemiologi, Model Lotka-Volterra, Model SI, Sistem Persamaan Diferensial, Titik

Kesetimbangan, Pertumbuhan Logistik, Fungsi Respon, Nilai Eigen dan Vektor Eigen, Bilangan Reproduksi Dasar, Matriks Jacobian, Kestabilan, Kriteria Routh-Hurwitz, dan Analisis Sensitivitas.

BAB III Analisis Model Eko-Epidemiologi Mangsa-Pemangsa Dengan Perlindungan dan Pemanenan Mangsa Rentan serta Sumber Makanan Alternatif bagi Pemangsa

Bagian analisis diuraikan dengan inti dari skripsi meliputi kontruksi model, menentukan titik kesetimbangan, menentukan nilai bilangan reproduksi, analisis kestabilan, dan analisis sensitivitas.

BAB IV SIMULASI NUMERIK DAN INTERPRETASI

Simulasi berdasarkan data dilakukan pada model eko-epidemiologi serta interpretasinya dan simulasi analisis sensitivitas pada parameter bilangan reproduksi dasar.

BAB V PENUTUP

Bagian penutup berisi hasil kesimpulan dari analisis mangsa-pemangsa dengan adanya perlindungan dan pemanenan mangsa rentan serta sumber makanan alternatif pada model eko-epidemiologi yang mungkin dilakukan untuk pengembangan penelitian baik sebagai kelanjutan atau pembanding terhadap hasil yang didapatkan